

⑮ Int.Cl.⁴
G 01 B 11/24識別記号 庁内整理番号
C-8304-2F

⑬ 公開 昭和63年(1988)11月25日

審査請求 有 発明の数 1 (全9頁)

⑭ 発明の名称 3次元形状計測装置

⑯ 特 願 昭62-122483

⑰ 出 願 昭62(1987)5月21日

⑱ 発 明 者 須 賀 雅 夫 東京都千代田区大手町2丁目3番6号 株式会社三菱総合
研究所内⑲ 発 明 者 林 洋 一 東京都千代田区大手町2丁目3番6号 株式会社三菱総合
研究所内⑳ 発 明 者 斎 藤 直 子 東京都千代田区大手町2丁目3番6号 株式会社三菱総合
研究所内

㉑ 出 願 人 株式会社 金 花 舎 東京都新宿区戸山1丁目4番1号

㉒ 代 理 人 弁理士 加 藤 卓

明 細 書

1. 発明の名称

3次元形状計測装置

2. 特許請求の範囲

立体の対象物の画像を撮影する撮像系と、得られた画像を2値化するデジタイズ系と、得られたデジタルデータを処理するデータ処理系とを備え、立体像に対して全面にわたって多条スリット光を照射し、光源と異なった位置において対象物上のスリット像を撮影し、その縞模様を濃淡の画像として読取り、各点における3次元座標位置を三角測量法により決定し、立体像の3次元座標のデータを得る3次元形状計測装置において、立体の対象物に向けて前面にスリットを有するプロジェクタとカメラの対を複数セット固定し、前記プロジェクタとカメラを順次駆動して対象物を複数の角度から撮影することを特徴とする3次元形状計測装置。

3. 発明の詳細な説明

〔産業上の利用分野〕

本発明は3次元形状計測装置に係り、さらに詳しくは特に対象物と相似形の立体像を多軸フライス盤等を用いて自動的に製作する装置に用いられる3次元形状計測装置に関するものである。

〔従来の技術〕

対象物の3次元のデータを読取り、その形状計測データに基づいて立体像を認識する装置としては例えば特開昭 81-241812号公報に記載されたような装置が知られている。

第8図は3次元形状測定の実理を説明するもので、図において符号10で示すものは光源で、例えば白熱電灯やストロボ等の光源を用いている。

この光源の前方には多条スリット板11が配置されている。この多条スリット板11は回転走査が行なわれず固定的である。

この多条スリット板11の前方にはプロジェクタレンズ12が配置されており、このプロジェクタレンズ12を介して対象物13に縞模様のスリット像14が形成される。

このスリット像14はカメラレンズ15を介し

てフィルムである撮像面16上に対象物13の凹凸に応じて屈曲したスリット像14aとなつて結像される。

プロジェクタレンズ12及びカメラレンズ15を使用することにより像が倒立するがプロジェクタレンズによる倒立はスリットが上下左右対称のため処理する必要がなく、カメラレンズによる倒立はフィルムを転置することにより処理する。

このようにして屈曲したスリット像を得て、スリット像の各点の位置を三角測量の原理によって3次元の座標値として計算し対象物の3次元形状のデータを得る。

〔発明が解決しようとする問題点〕

実際に3次元形状計測を行なう場合には、上述したような方法で何回か位置を変えて対象物の撮影が行なわれているが、その都度カメラとプロジェクタの位置を調整すると、煩雑であるだけでなく不正確な結果をもたらす。また例えば対象物が人間である場合には顔、髪、服はそれぞれ表面の状態に違いがあつて、一種類のスリットでは処

理することはできず、たとえば顔ならば表面が連続であつてなめらかな曲線が主であるので、0.3mmピッチの比較的細かいスリットを使用し、服の場合には表面が連続であつてなめらかな曲線が主であるがえりや重なり部分、ネクタイの周辺に段差ができるために顔のように細かいスリットではなく、0.5mmピッチのスリットが選択され、そして髪の場合には、表面が不連続であり、断線が多く細かいスリットは使用できず、0.7mmピッチのスリットが用いられるなど、カメラのねらう位置によってスリットを変化させる必要があり、さらに髪の場合には反射が少ないためプロジェクタの光量を多くする必要がある。

そして、異なるカメラで撮影されたフィルム上のデータを正確に対応させることが必要である。

このような種々の条件のもとでは、多数台のカメラ及びプロジェクタを空間に固定的に配置して多角的に撮影を行なう方が有利であると考えられる。

本発明は前述のような事情に鑑みなされたもの

3

で、空間に固定配置された多数台のカメラとプロジェクタを用いて対象を多角的に撮影する装置により、立体像の3次元座標のデータを得ようとするものであつて、この場合にカメラは他のセットのプロジェクタ光の影響をなくするために順次シャッタを切るように制御しなければならず、かつ対象の動きを極力避けるためにできるだけ短い時間で撮影カメラを切り換えなければならない。

〔問題点を解決するための手段〕

上記の問題点を解決するために、本発明によれば対象を収容できるフレームを形成して多数セットのカメラとプロジェクタを固定配置して、カメラとプロジェクタのセットを順次駆動して対象物を複数の角度から撮影する構成が採用されている。

〔実施例〕

以下、図面に示す実施例を用いて本発明を詳細に説明する。

第1図は、本発明装置に従つて撮影すべき対象物13を周囲から撮影するために同一平面

4

に設けられたたとえば4台のカメラ103a～103dと4台の各スリットを備えたプロジェクタ104a～104dの配置を示すものであつて、各カメラとプロジェクタが互いに所定距離かつ所定角度で対をなした状態でモノレール105に固定されて、点線で暗示するフレーム102に配置されている。

なお、各カメラとプロジェクタの配置は、それぞれの光軸が同一平面上にあり、対象物13の中心Fに交点を持つように留意しなければならない。

第2図に示すものはカメラ103aとプロジェクタ104a、この両者が取り付けられるモノレール105及びフレーム102の位置関係を示す分解斜視図である。

モノレール105の一端に固定されている孔106aを有する取付板106上にカメラ台107がその下面に突設された内ねじスリーブ107aを前記孔106aに嵌入させた状態で取り付けられ、このカメラ台上にカメラ103a

5

6

が載置されて、取付板106の下面及びカメラ台107の外側面からそれぞれボルト108、109をカメラに形成された孔に螺合させることによって、カメラ103aがモノレール105の一端に取り付けられる。この場合に、ボルト108を操作することによってカメラ台107及びその上に載置されているカメラ103aは、ボルト108を中心に水平方向へ回転することができる。

同様にモノレール105の他端には孔110aを有する取付板110が固定されており、この取付板110の上にはプロジェクタ台111がその下面に突設された内ねじスリーブ111aを前記孔110a中に嵌合させることによって取り付けられ、このプロジェクタ台111上にプロジェクタ104aが載置されて、取付板110の下方からスリーブ111aを介してボルト112をプロジェクタに形成されている不図示のねじ孔に螺合させることによってプロジェクタ104aがモノレール105の他端に固定される。この場合にも

ボルト112を操作することによってプロジェクタ台111及びその上に載置されているプロジェクタ104aはボルト112を中心に水平方向へ回転することができる。

なお、プロジェクタ104aとプロジェクタ台111及び取付板110はそれぞれ設けられている孔を介してボルト113によって互いに堅固に固定される。

モノレール105の両端部近傍の下面には脚114、114が突設されており、この脚がたとえば全体を符号115で示す取付部材を介して枠102のアーム102a、102aの対応する位置に形成されている孔に取り付けられ、それぞれボルト117、117とナット118、118によって固定される。

この場合にも例えばフレーム102のアーム102aに取付部材115を固定するための多数の孔を形成し、あるいは溝を連続して形成することによってモノレール105とフレーム102との相対的な位置を変化させることができる。

7

第3図に示すものは第1図、第2図のように構成された7台のカメラ3a～3gまで順次駆動するための同期回路を示すものである。

同図において、40はシフトレジスタで、発振回路41によりクロックされ各出力P1～P7からトライステッドT1～T7を介して第4図に図示したようなカメラ3a～3gのシャッタ並びにプロジェクタを駆動させる周期信号S1～S7を発生させる。カメラ3aは、同期信号S1に同期してシャッタON信号M1を得、カウンタランプ点灯信号M2が発生する。続いて信号M3で図示したようにストロボが点灯しその後オートワインダ信号M4によりフィルムの自動巻き上げが行なわれる。カメラ3b～3gに対しても同様な動作で周期信号S2～S7の立ち下り端に同期して順次撮影が行なわれる。なお、プロジェクタの作動は各同期信号S1～S7に同期して、あるいは所定時間遅延して作動させてもよい。

次に、以上のように構成された本発明装置を用いた3次元計測装置の動作を説明する。

8

まず、対象物13の3次元形状の測定は第5図に示すようにして計算される。

第5図はカメラレンズの中心軸を含みプロジェクタレンズの中心を通る平面で測定系を切断した時の幾何学的な位置関係を示している。

第5図において各々の記号は次のような意味である。

- P 測定すべき対象物の表面上の1点
- Pc カメラレンズの中心
- Pa 撮像面(フィルム)の中心
- xn 撮像面における点Pの位置を示すx座標
- yn 撮像面における点Pの位置を示すy座標
- ℓ カメラレンズの中心から撮像面までの距離
- L 回転走査の中心をカメラレンズ中心軸に投影した時の投影点と点Pcとの距離
- D 回転走査の中心とカメラレンズ中心軸との距離
- γn 投射した光の角度

この時対象物13の点Pの座標(Xn, Yn, Zn)は次のようにして求められる。

9

10

$$X_n = \frac{D + \frac{L}{d} x_n}{1 + \frac{x_n}{d} \tan \gamma_n}$$

$$Z_n = X_n \tan \gamma_n$$

$$Y_n = \frac{Z_n - L}{d} y_n$$

なお、 D 、 L 、 d 、 γ_n は別の方法で求める。

また、 (x_n, y_n) はCCDカメラを用いて画像をデジタル化して得られた各ピクセルについて求める。

以上のような測定系を用い、対象物の3次元形状データを得るシステムを第6図に示す。

第6図において符号20は撮像系、符号21はデジタル化系、符号22はデータ処理系を示す。

撮像系20は前述したプロジェクタレンズ12を備えたプロジェクタ24とカメラ25とからなり、両者は同一の架台26に装着されている。

プロジェクタ24は固定的にカメラ25は3次元の位置を調整可能に設けられている。

11

パーソナルコンピュータ29からのデータはデータ処理系22を構成するホストコンピュータ31に回線を介して接続されている。

符号32で示すものはグラフィックディスプレイである。

上述した第6図に示すものがシステム全体のハードウェアの構成である。

ところで、ソフトウェアの構成は第7図に示すようになっている。

即ち、CCDカメラ27によって読取られた画像はステップS1において光切断画像として読込まれ、その画像はステップS2において画像ファイルとしてストックされる。

この画像ファイルはステップS3において原画像の統計処理と表示に使われ、読取った原画像を確認するためにステップS4においてそのままCRTのスクリーン上に出力される。

一方、画像ファイルを基にしてステップS5において画像の縁とスリットの縞模様の検出であるエッジ処理が行なわれ、ステップS6において

13

このようなプロジェクタとカメラの対が第1図～第4図で説明したように複数個設けられる。プロジェクタ24から多条スリット板11を介して照射された光の縞模様はカメラ25によって撮影され、そのネガフィルム25aがデジタル化系21に送られCCDカメラ27によって撮影される。前述したように複数台のプロジェクタとカメラの組が順次駆動され複数の方向から立体的に撮影が行なわれる。

CCDカメラ27は画像読取用のカメラで、ネガフィルム25a上の画像を濃淡の像としてとらえ、カメラコントロールユニット28によって制御される。

読取られた画像はパーソナルコンピュータ29によって白黒の2値化されたデータとして処理される。

ところで、符号30で示すものは調整用オシロスコープで、CCDカメラ27によって読取られた画像のピントが合っているか否かを波形により検出し、調整する役割を果たす。

12

エッジファイルが得られる。

そして、このエッジファイルを基にしてステップS7においてスリットの縞模様の細線化処理が行なわれ、ステップS8において細線化ファイルが作成される。

続いてこの細線化ファイルを基にしてステップS9においてトラッキングが行なわれ格子線の追跡と認識が行なわれステップS10においてトラッキングファイルが得られる。

そしてトラッキングファイルを基にしてステップS11において選択した各点における3次元の座標値の計算が行なわれるが、この時には別個のステップS12による光学系の寸法諸元の較正処理であるキャリブレーションの結果が参照される。ステップS13で座標値ファイルが得られる。ここまでの各ステップの詳細な説明は、例えば前述した特開昭61-241812号公報に行なわれている。

ここでもとまる座標値は、各カメラとプロジェクターのセットごとに原点が違いため、ステップ

14

S14で7セットの原点を一つ(統一座標系と呼ぶ)にする写像を行なう。

具体的には、各セットの原点はそれぞれのプロジェクタの仮想光源位置に、統一座標系の原点は、物体中心に置かれる。

そして得られた統一座標値をステップS15で、円筒座標へ変換し、ステップS16でNCマシン用のカッターパスを生成し、NC加工を行なう。

また、多数台のカメラで撮影を行なう場合には、撮影時に基準マークを投影、撮影して、この基準マークを基にして異なるカメラでの同じ細線を認識するようにすれば、立体像全体にわたるスリット像ないし縞模様の連続的な把握が容易になることは勿論である。

また、上述した例では、得られたデータをNC装置に出力して、多軸のカッターを用いて対象物の立体像を彫刻する構成をされているが、ディスプレイ装置を介してデータをワイヤフレーム像として出力することもできる。

[発明の効果]

以上の説明から明らかなように、本発明によれば、連続的に立体像に全面にわたって多条スリット光を照射し、光源と異なった位置において対象物上のスリット像を撮影し、スリット光による縞模様を濃淡の画像として読取り、各点における3次元位置情報を三角測量法により決定し、立体像の3次元座標データを得るために、立体像を短時間で確実に投影、撮影することが可能となり、正確な3次元形状データが容易に得られるという利点がある。

4. 図面の簡単な説明

第1図は、本発明装置のカメラとプロジェクタの概略配置を示した配置図、第2図は1組のカメラとプロジェクタの取り付け方法を示した分解斜视图、第3図はカメラとプロジェクタを順次駆動するための回路図、第4図は動作を説明する信号波形図、第5図は測定値を求める方法を示した説明図、第6図はハードシステムの概略構成を示す説明図、第7図はソフトシステムの概略構成を示す説明図、第8図は測定原理を示す説明図である。

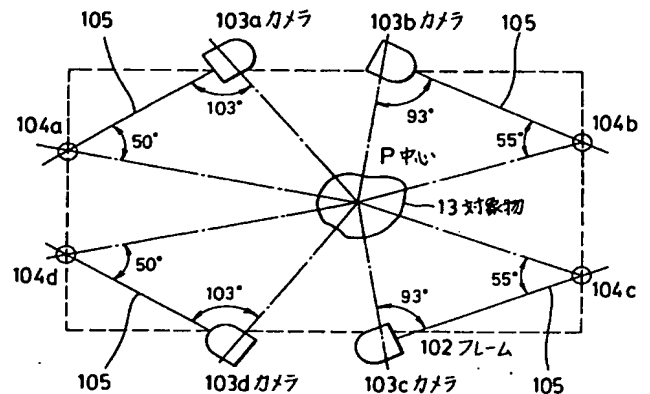
15

16

す説明図、第8図は測定原理を示す説明図である。

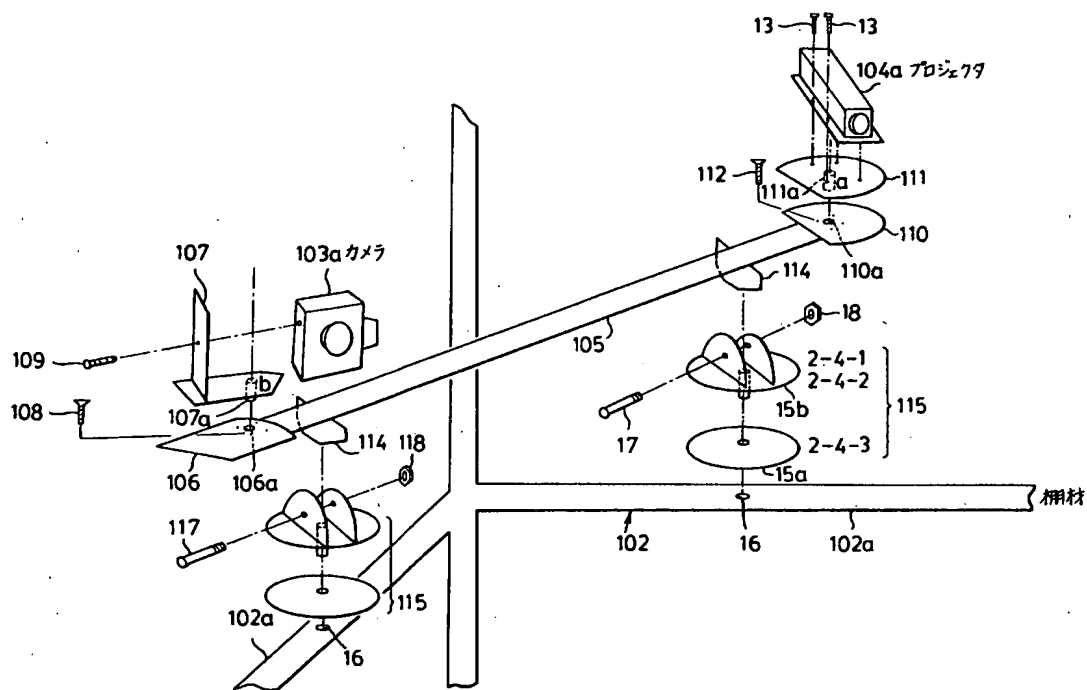
- | | |
|-------------------|--------------|
| 10...光源 | 11...多条スリット板 |
| 12...プロジェクタレンズ | |
| 13...対象物 | 14...スリット像 |
| 15...カメラレンズ | 16...撮像面 |
| 20...撮像系 | 21...デジタイズ系 |
| 22...データ処理系 | 27...CCDカメラ |
| 29...パーソナルコンピュータ | |
| 31...ホストコンピュータ | |
| 32...グラフィックディスプレイ | |

特許出願人 株式会社 金 花 舎
代理人 弁 理 士 加 藤 卓

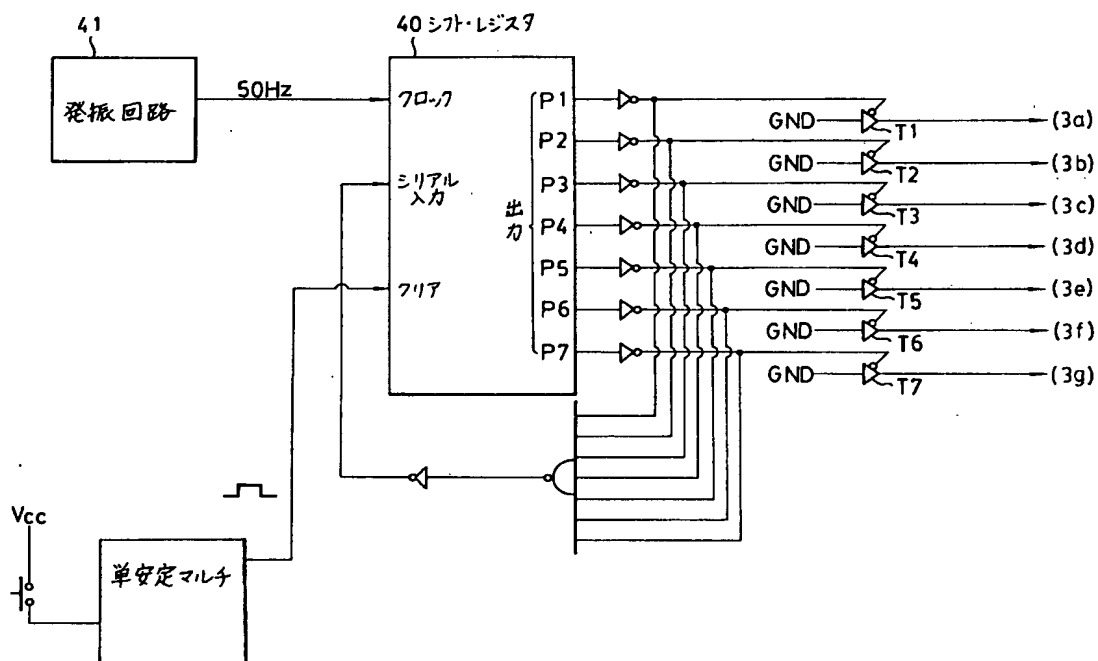


第1図

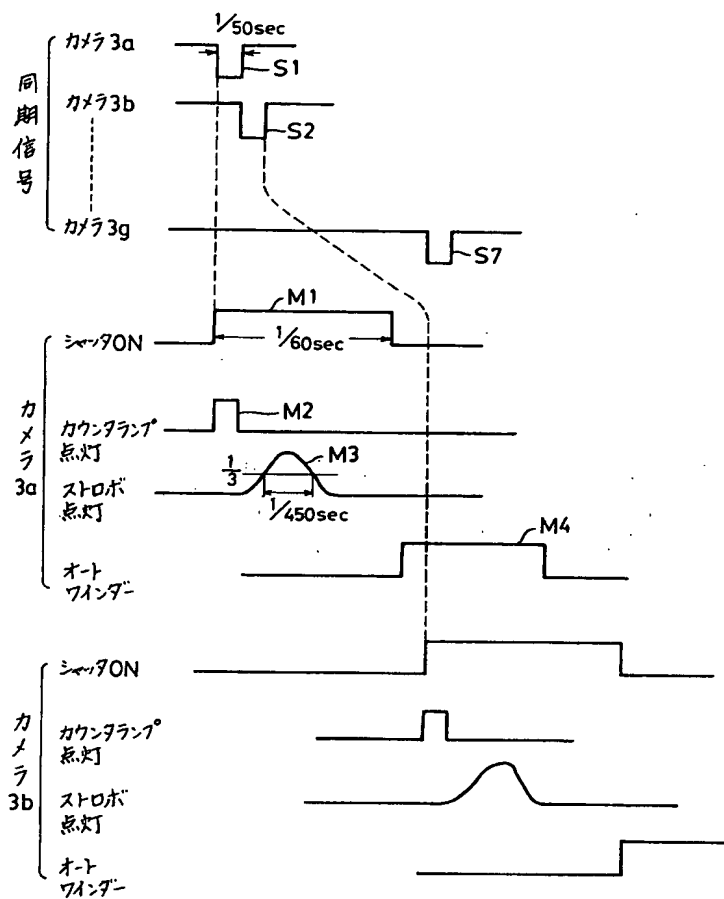
17



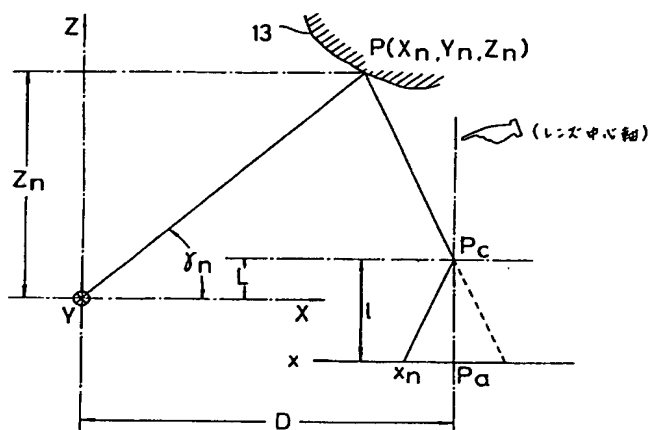
第 2 図



第 3 図



第 4 図



第 5 図

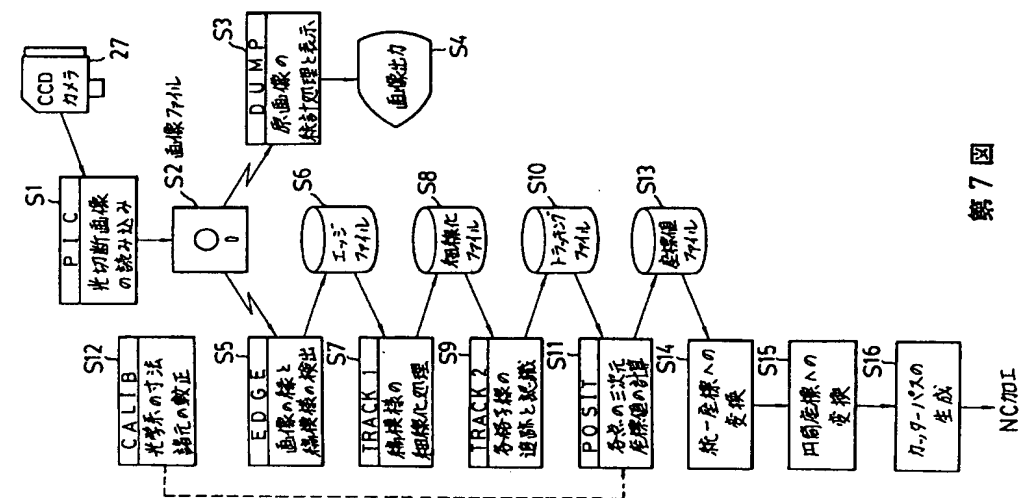


圖 7 續

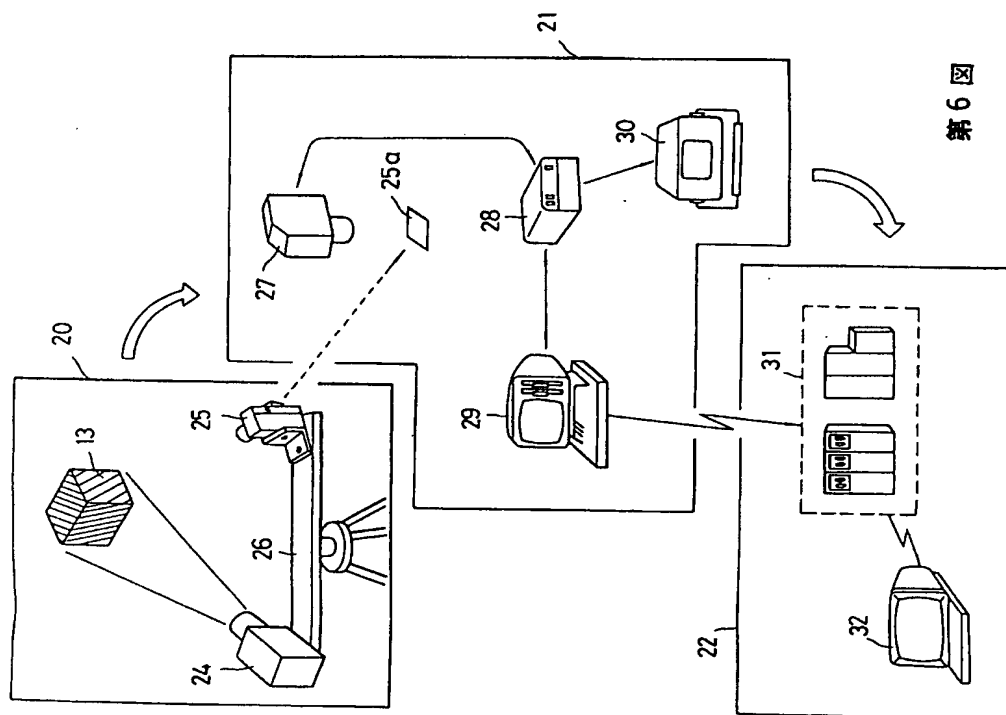
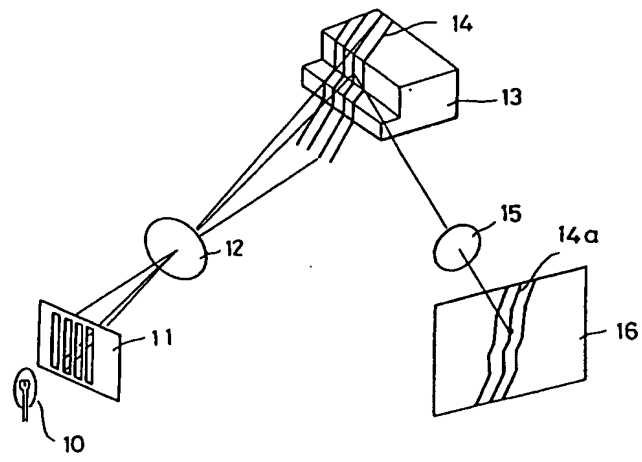


圖 6 無



第 8 図